

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-201648

(43) 公開日 平成8年(1996)8月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/28

H 0 1 L 31/0232

G 0 2 B 6/28

P

H 0 1 L 31/02

D

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平7-11046

(22) 出願日

平成7年(1995)1月26日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 河野 健治

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

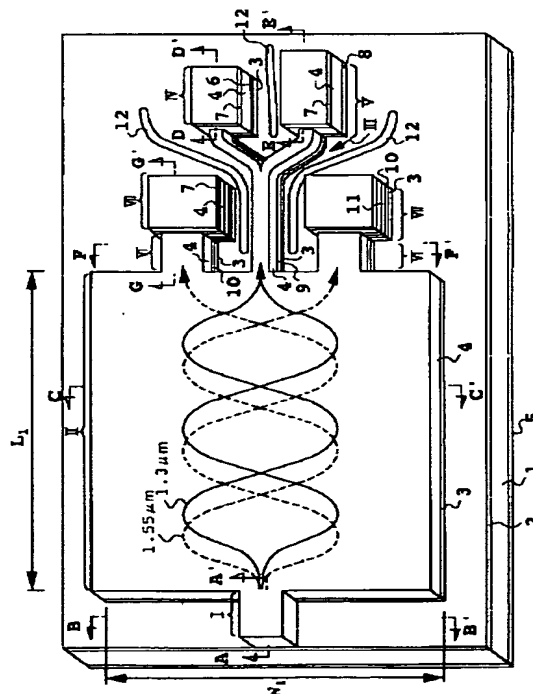
(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光導波回路

(57) 【要約】

【目的】 製作性、製作歩留まり、信頼性、経済性に優れた双方向伝送に適用可能な光導波回路を提供すること。

【構成】 光導波回路は波長 $1.3\mu\text{m}$ 、 $1.55\mu\text{m}$ の光波が伝搬する入射用光導波路Iとこれらの光波を異なる位置に出射する多モード干渉形分波器IIを接続し、その出力側にY分岐状の $1.3\mu\text{m}$ 用出射光導波回路IIIを配し、 $1.3\mu\text{m}$ 用受光器IVと半導体レーザVとに接続する。一方、 $1.55\mu\text{m}$ 用出射光導波路VIから出射する光は $1.55\mu\text{m}$ 用受光器VIIで受光する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長の異なる第 1 および第 2 の光波が伝搬する 1 つの入射光導波路と、前記第 1 の光波と前記第 2 の光波の光を異なる位置に出射する導波路形波長分波器とを少なくとも具備する光導波回路において、前記導波路形波長分波器が多モード干渉形光カブラであるとともに、前記導波路形波長分波器の出力側に前記第 1 の光波の光を受光する前記第 1 の光波用受光素子と、前記第 1 の光波の波長とほぼ同じ波長の光を前記入射光導波路に向かって出射する発光素子と、前記第 2 の光波の光を受光する前記第 2 の光波用受光素子とを具備したことを特徴とする光導波回路。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の光導波回路において、前記第 1 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でほぼ 1 点に集光され、かつ前記第 2 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端で少なくとも 2 つに分割され集光される、もしくは前記第 2 の光波は前記導波路形波長分波器出射端でほぼ 1 点に集光され、かつ前記第 1 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端で少なくとも 2 つに分割され集光されるように、前記導波路形波長分波器の幅と長さを設定したことを特徴とする光導波回路。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の光導波回路において、前記第 1 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でクロス (cross) 状態に集光され、かつ前記第 2 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でバー (bar) 状態に集光される、もしくは前記第 2 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でクロス (cross) 状態に集光され、かつ前記第 1 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でバー (bar) 状態に集光されるように、前記導波路形波長分波器の幅と長さを設定したことを特徴とする光導波回路。

【請求項 4】 請求項 1, 2 または 3 に記載の光導波路において、前記多モード干渉形分波器と前記第 2 の光波用受光素子との経路上に前記第 1 の光波に対する吸収層を設ける、もしくは前記第 1 の光波用受光素子、前記第 2 の光波用受光素子、前記発光素子の間に 1 個以上の分離溝を設ける、の少なくとも 1 つを施したことを特徴とする光導波回路。

*

$$\eta = \exp(-x^2/w^2)$$

の式に従って劣化することになる（河野健治著：「光デバイスのための光結合系の基礎と応用」現代工学社）。ここで、 w が $2\mu\text{m}$ 程度と小さいため、サブミクロンオーダーの軸ずれ量 x しか許されないことになる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】つまり、この従来の双方向光導波回路では、個別部品を極めて厳しい精度で光軸合わせして組み立てていたため、組み立て時における製作性と製作歩留まりが悪く、さらには、組み立てた後の各部品の光軸の軸ずれが生じ易く、信頼性が低かった。その結果、双方向伝送に適用可能な光導波回路の値

*【請求項 5】 請求項 1, 2, 3 または 4 に記載の光導波回路において、前記第 1 の光波が前記多モード干渉形光カブラを通過後前記第 1 の光波を 2 分割するための光導波路が多モード干渉形光カブラであることを特徴とする光導波回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、製作性や製作歩留まりのよい双方向伝送に適用可能な光導波回路に関する。

【0002】

【従来の技術】図 15 に従来の実施例を示す。101 は単一モード光ファイバ (Single-mode Fiber: SMF) から $1.3\mu\text{m}$ と $1.55\mu\text{m}$ の波長の混合波が入射する光入射部である。この混合波はファイバカブラ部 102 で波長が $1.3\mu\text{m}$ の光と $1.55\mu\text{m}$ の光とに分波される。波長 $1.3\mu\text{m}$ の光はさらに SMF による 3dB カブラ 103 に 2 分割され、 $1.3\mu\text{m}$ 用受光器 104 により検出される。また、波長 $1.3\mu\text{m}$ の光を出射する半導体レーザ 105 から出射された光は、3dB カブラ 103 を逆行し、光入射部 101 から SMF に結合し、双方向伝送が可能となる。一方、波長 $1.55\mu\text{m}$ の光は SMF 106 を通り、 $1.55\mu\text{m}$ 用受光器 107 により検出される。ところが、SMF のスポットサイズ (パワーが $1/e^2$ になる半径) は約 $5\mu\text{m}$ と大きい、半導体光導波路のスポットサイズは約 $1\mu\text{m}$ と小さい。従って、 $1.3\mu\text{m}$ 用受光器 104 や半導体レーザ 105 および $1.55\mu\text{m}$ 用受光器 107 と SMF との結合には、図 15 に示したように、SMF の先端をレンズ化した先球ファイバを用いるなど、何らかのレンズ系により像変換を行う必要がある。つまり、SMF のスポットサイズを半導体導波路のスポットサイズにまで縮小することになる。

【0003】先球加工した SMF と半導体光導波路のスポットサイズの両者のスポットサイズを w とし、互いに x だけ軸ずれをしたと仮定すると、その結合効率 η は

【0004】

【数 1】

$$(1)$$

段が高くなるという経済上の問題があった。

【0006】そこで、本発明の目的はこれらの問題を解決し、製作性、製作歩留まり、信頼性、ひいては経済性の点で優れた双方向伝送に適用可能な光導波回路を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明の第 1 の解決手段に従う光導波回路は、波長の異なる第 1 および第 2 の光波が伝搬する 1 つの入射光導波路と、前記第 1 の光波と前記第 2 の光波の光を異なる位置に出射する導波路形波長分波器とを少なくとも具備する光導波回路

において、前記導波路形波長分波器が多モード干渉形光カブラであるとともに、前記導波路形波長分波器の出力側に前記第 1 の光波の光を受光する前記第 1 の光波用受光素子と、前記第 1 の光波の波長とほぼ同じ波長の光を前記入射光導波路に向かって出射する発光素子と、前記第 2 の光波の光を受光する前記第 2 の光波用受光素子とを具備したことを特徴とする。

【0008】本発明の第 2 の解決手段に従う光導波回路は、前記第 1 の解決手段の光導波回路において、前記第 1 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でほぼ 1 点に集光され、かつ前記第 2 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端で少なくとも 2 つに分割され集光される、もしくは前記第 2 の光波は前記導波路形波長分波器出射端でほぼ 1 点に集光され、かつ前記第 1 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端で少なくとも 2 つに分割され集光されるように、前記導波路形波長分波器の幅と長さを設定したことを特徴とする。

【0009】本発明の第 3 の解決手段に従う光導波回路は、前記第 1 の解決手段の光導波回路において、前記第 1 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でクロス (cross) 状態に集光され、かつ前記第 2 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でバー (bar) 状態に集光される、もしくは前記第 2 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でクロス (cross) 状態に集光され、かつ前記第 1 の光波は前記導波路形波長分波器の出射端でバー (bar) 状態に集光されるように、前記導波路形波長分波器の幅と長さを設定したことを特徴とする。

【0010】本発明の第 4 の解決手段に従う光導波回路は前記第 1、2 または 3 の解決手段の光導波路において、前記多モード干渉形分波器と前記第 2 の光波用受光素子との経路上に前記第 1 の光波に対する吸収層を設ける、もしくは前記第 1 の光波用受光素子、前記第 2 の光波用受光素子、前記発光素子の間に 1 個以上の分離溝を設ける、の少なくとも 1 つを施したことを特徴とする。

【0011】本発明の第 5 の解決手段に従う光導波回路は、前記第 1、2、3 または 4 の解決手段の光導波回路において、前記第 1 の光波が前記多モード干渉形光カブラを通過後前記第 1 の光波を 2 分割するための光導波路が多モード干渉形光カブラであることを特徴とする。

【0012】

【作用】本発明によれば、多モード干渉形光カブラを波長分岐回路に使用するとともに、2 つの波長に対して各々 3 dB カブラ状態あるいはセルフイメージング状態になるように設計する、あるいは 2 つの波長に対して各々クロス (cross) 状態あるいはバー (bar) 状態になるように設計することにより、2 つの波長を空間的に異なった位置に効率よく出射することができる。そのため、波長分波器、受光器、半導体レーザなどの部品を個別に軸合わせする必要がなく、かつサブミクロン以下

の精度でパターンニング可能な半導体モノリシック製造技術を用いることができる。その結果、製作性、歩留まり、信頼性、ひいては経済性の点で優れた双方向伝送に適用可能な光導波回路を提供することができる。

【0013】

【実施例】以下に図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0014】(実施例 1) 図 1 は本発明の第 1 の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。ここで、I は光入射部、II は導波路形波長分波器の一種である多モード干渉形 (Multimode Interferometer: MMI) 分波器としての光カブラ、III は 1.3 μm 用出射光導波路、IV は 1.3 μm 用受光器、V は発光素子としての半導体レーザ、VI は 1.55 μm 用出射光導波路、VII は 1.55 μm 用受光器であり、1 は n-InP 基板、2 は n-InGaAsP 薄膜コア、3 は n-InGaAsP 共通コア、4 は p-InP クラッド、5 は n 側電極、6 は 1.3 μm の波長の光を検出するための i-InGaAsP 層、7 は p 側電極、8 は 1.3 μm の波長の光を出射するための多重量子井戸 (MQW) 活性層、9 は i-InP サイドクラッド、10 は 1.3 μm の波長の光のクロストーク成分を吸収するために設けた InGaAsP 吸収層、11 は 1.55 μm の波長の光を検出する InGaAsP 吸収層、12 は分離溝である。

【0015】本実施例に従う光導波回路は有機金属分子線エビタキシー法等の薄膜成長技術とマスクを使用する光リソグラフィ技術とにより次のようにして作製することができる。すなわち、まず n-InP 基板 1 上に n-InGaAsP 薄膜コア 2 を形成する。次いで、光入射部 I および MMI 分波器 II となるべき領域において、n-InGaAsP 薄膜コア 2 の上に n-InGaAsP 共通コア 3、p-InP クラッド 4 を順次成長して図 2～図 5 に示す構造とする。1.3 μm 用出射光導波路 III となるべき領域においては共通コア 3、サイドクラッド 9、p-InP クラッド 4 を順次成長する。1.3 μm 受光器 IV となるべき領域においては共通コア 3、i-InGaAsP 層 6、クラッド 4 を順次成長する。半導体レーザ V となるべき領域においては MQW 活性層 8、p-InP クラッド 4 を順次成長する。1.55 μm 用出射光導波路 VI となるべき領域においては共通コア 3、InGaAsP 吸収層 10、p-InP クラッド 4 を順次成長する。1.55 μm 用受光器 VII となるべき領域においては共通コア 3、1.3 μm 用 InGaAsP 吸収層 10、1.55 μm 用 InGaAsP 吸収層 11、p-InP クラッド 4 を成長する。領域 V の導波方向の前後を基板 1 に達するまでエッチングして共振器として反射効率を高める。領域 III と領域 IV の間には分離溝 12 を設ける。適宜のマスクを用いて光リソグラフィ法により異なる領域に存在する同じ材料の層を同時に形成す

ることは勿論である。領域IV、領域V、領域VIIにp側電極を形成し、基板1の裏面側にn側電極5を形成する。

【0016】光入射部Iは1.3μmの波長の光波（実線）と1.55μmの波長の光波（破線）の混合波が入射する入射光導波路を構成する部分であり、図示しない単一モード光ファイバ（以下、SMFという）の端面を光入射部Iの端面に近づけることにより、光を入射させる。なお、上述したように、SMFのスポットサイズは約5μmと大きい、半導体光導波路のスポットサイズは約1μmと小さいので、この光入射部IでSMFのスポットサイズを半導体光導波路のスポットサイズに変換する。スポットサイズを変換された1.3μmの波長の光はMMI分波器IIの出射端に設けられた1.3μm用出射光導波路IIIに出射される。次に、この1.3μmの光はY分岐により2分割され、1.3μm用受光器IVにより検出される。なお、1.3μmの波長の光を出射*

$$d = n_{\text{Weff}} f^2 / \lambda.$$

なお、WeffはMMI分波器IIの実効的幅であり、次の関係式(3)がほぼ成り立つ。

$$\text{Weff}^2 = (\lambda_0 / 2)^2 / (n^2 - n_r^2) \quad (3)$$

ここで、λ₀は真空中での光の波長、nはMMI分波器IIの実効屈折率、n_rはMMI分波器IIにおける基本モードの実効屈折率である。

【0021】入射光がMMI分波器IIの中心部に入射する場合を考える。MMI分波器IIをd/2だけ光が進むと、光はMMI分波器IIの中心から+Weff/3、-Weff/3の2つの位置に2分割され、結像する(3dBカブラ状態)。従って、この2カ所に受光器をおけば、全パワーを検出でき、受光効率がよい。一方、dだけ進む場合には、MMI分波器IIの中心に入射界分布と同じ界分布の光を結像する(セルフイメージング状態)。

【0022】従って、例えば、1.3μmの波長の光に対しては実線で示すようにdの整数倍、1.55μmの波長の光に対しては破線で示すようにd/2の奇数倍となるようにMMI分波器IIの長さを設定することにより、1.3μmの光をセルフイメージング状態に、1.55μmの光を3dBカブラ状態にすることができる。

【0023】以下、具体的に本実施例の光導波回路の動作を説明する。

【0024】図2は図1における光入射部Iを含む光導波回路の部分の上から見た透視図であり、スポットサイズ変換の原理を説明するための図である。図3と図4は、各々図1のA-A'線、B-B'線に沿う断面図である。n-InGaAsP薄膜コア2はλ_g=1.1μmで厚さが50nm程度であり、n-InGaAsP共通コア3はλ_g=1.1μmで厚さが250nm程度である。

【0025】スポットサイズが約5μm程度の波長1.

*する半導体レーザVから出射された光はY分岐を通過した後、MMI分波器IIを逆行することにより光入射部Iに到達し、今度は領域IでSMFのスポットサイズに拡大され、SMFへ入射する。一方、1.55μmの光はMMI分波器IIを通過した時点で2分割され、2つの1.55μm用受光器VIIで検出される。

【0017】本実施例において重要な点は、1.3μmと1.55μmの混合波がMMI分波器IIを通過した時点で、波長1.3μmの光は1点に集光され、波長1.55μmの光は波長1.3μmの光の集光点とは異なった位置に2分割され集光されることである。このため、本実施例においては、MMI分波器IIの長さL₁を以下の考え方で決定する。

【0018】すなわち、MMI分波器IIに対し、次の長さdを定義する。

【0019】

【数2】

(2)

※【0020】

※20 【数3】

3μmと1.55μmの光がスポットサイズ変換部としての光入射部Iに入射すると、図2や図3に示すように、n-InGaAsP薄膜コア2とテーパー状に加工されたn-InGaAsP共通コア3により、MMI分波器IIの入射部においてはスポットサイズは1μm程度に縮小される。図1～9において、n-InGaAsP薄膜コア2は基板1の主面の全域にわたって設けられているが、この層は図4および図5に示す～8μm幅またはW₁の幅にわたってのみ存在していてもよい。

【0026】図5は図1におけるC-C'線に沿うMMI分波器IIの断面図であり、MMI分波器IIの幅W₁を約10μmとする。上述のパラメータの場合、1.3μmの波長の光に対してdは245μm、1.55μmの波長の光に対しては、d/2は105μmとなる。従って、例えば、MMI分波器IIの長さL₁を735μmとすると、1.3μmの波長の光に対してはL₁はdの3倍（すなわち、整数倍）となる。その結果、MMI分波器IIの終端位置においてセルフイメージング状態となるので、MMI分波器IIへの入射界分布と同じ界が形成され、1.3μm用出射光導波路IIIに結合する。この出射光導波路IIIはY分岐の形をしている。次に、この光はY分岐により2分割され、1.3μm用受光器IVにより検出される。

【0027】図6と図7は、各々図1中のD-D'線、E-E'線に沿う断面図である。i-InGaAsP層6（例えば、λ_g=1.4μm）は1.3μmの光を検出するために形成されている。MQW活性層8は1.3μmの波長の光を出射する。領域Vで示した1.3μm用半導体レーザ（あるいはMQW活性層8）からの出射

光はY分岐を逆行し、MMI分波器IIの終端に入射する。ところが、セルフイメージングは光が逆行する場合にも成立するので、今度はスポットサイズ変換領域としての光入射部Iにおけるテーパの根元に1μm程度のスポットサイズで結像する。次に、領域Iにおいて、5μm程度のスポットサイズに拡大されて図示しないSMFに結合する。

【0028】一方、1.55μmの波長の光に対しては、 L_1 は $d/2$ の7倍（すなわち、奇数倍）であるから、MMI分波器IIの終端位置において、3dBカブラ状態となる。その結果、光は2分割されて1.55μm用出射光導波路VIに結合し、1.55μm用受光器VIIにより検出される。

【0029】図8と図9は、各々図1のF-F'線、G-G'線に沿う断面図である。図8中のi-InPサイドクラッド9は1.3μm用出射光導波路IIIの単一モード性を確保するために設けたものである。

【0030】1.55μmの波長の漏れ光は1.3μm用受光器IVを素通りするため、クロストークとしては問題にならないが、1.3μmの漏れ光は1.55μm用受光器VIIにより検出されてしまうので、クロストークとして障害となる。これを解決するため、図6および図7中の領域VIには、波長1.3μmの光のクロストーク成分を吸収するためにInGaAsP吸収層（例えば、 $\lambda_g = 1.4\mu m$ ）10を設けている。InGaAsP吸収層11は1.55μmの波長の光を検出するためのものである。領域VIにInGaAsP吸収層10を設けたことにより、波長1.3μmの漏れ光が吸収されるため、波長1.55μmの光に対するクロストーク成分を大幅に低減できる。さらに、図1に示したように、各素子間に分離溝12を形成しておけば、クロストーク成分を極めて小さくすることができる。また、1.55μm用出射光導波路VIをマルチモード導波路としておけば、1.55μm用受光器VIIに結合するパワーが多くなり、受光効率が高くなる。さらに、1.55μm用受光器VIIもマルチモード導波路構造とすれば、効率はより改善される。また、1.55μm用出射光導波路VIを省略してMMI分波器IIと1.55μm用受光器VIIを直結してもよい。この場合には、MMI分波器IIにおける1.55μm用受光器VIIの近傍に1.3μmの光を吸

$$L\pi = \pi / (\beta_0 - \beta_1)$$

図11において、MMI分波器IIの側端から光入射部Iの側端までの距離Xを、 $X \approx W/3$ 、とするとMMI分波器IIにより構成されるMMI形光カブラはその長さ L_1 が $L\pi$ の偶数倍の場合にはバー状態（セルフイメージング状態）、 $L\pi$ の奇数倍の場合にはクロス状態（MMI分波器IIの光軸に平行な対称面に対して鏡面対称に出力される）となる。例えば、実施例1の図5に示す構造パラメータの場合の $L\pi$ は、波長1.3μmと1.55μmの光について、各々361μmと304μmとな

* 収するInGaAsP吸収層10を形成しておけばよい。

【0031】ここで注意すべきことは、本発明の光導波回路は双方向光伝送に使用するため、半導体レーザVの単一モード光を効率よく逆行させ、SMFに結合させる必要がある。よって、1.3μmの光についてはセルフイメージングが厳密に成り立つ方が好ましい。ところが、1.55μmの光については、出射光導波路VIと1.55μm用受光器VIIの幅を広くしておけば多くの光を検出することができる。従って、1.55μmの光については、3dBカブラ状態は厳密には成立する必要がなく、設計および製作の許容度が大きい利点がある。し、MMI分波器IIの長さ L_1 を短くすることも可能となる。また、MMI形カブラ自体は偏波依存性が小さいのであまり偏波依存性のない双方向伝送用回路を実現できる。さらに、MMI分波器IIの長さ L_1 を半導体レーザVの出射光の偏波、すなわちTEモードに厳密に合わせてもよいし、TEモードとTMモードの中間に合わせてもよく、いずれにしても特性に大きな差は生じない。ただし、MMI分波器IIの終端において、どうしてもTEモードとTMモードの両方に対してセルフイメージング状態が必要であるならば、 L_1/d がTEモードとTMモードに対して異なった整数値となるように L_1 を決定すればよい。

【0032】（実施例2）図10は本発明の第2の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。この場合には、実施例1の場合とは逆に、1.3μmの波長の光を厳密に3dBカブラ状態（ $d/2$ の奇数倍）とし、1.55μmの波長の光に対しては、セルフイメージング状態としている。本実施例の光導波回路は実施例1と同様にして作製することができる。

【0033】（実施例3）図11は本発明の第3の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。以下に本実施例の原理について説明する。

【0034】MMI分波器IIの基本モードと1次の高次モードの伝搬定数を各々 β_0 、 β_1 とすると、基本モードと1次の高次モードの結合長 $L\pi$ は次式（4）によって表される。

【0035】

【数4】

$$(4)$$

る。従って、 L_1 を1805μmとすると、1.3μmの光については $L\pi$ の5倍（奇数倍）、1.55μmの光については、 $L\pi$ のほぼ6倍となる。実施例1で説明したときと同様に、1.55μmの光については受光すればよいだけであるので、厳密には $L\pi$ の偶数倍でなくてもよい。なお、Xが約 $W/3$ でない場合には、 L_1 が $3L\pi$ の偶数倍の場合にはバー状態（セルフイメージング状態）、 $3L\pi$ の奇数倍の場合にはクロス状態となる。本実施例の光導波回路は実施例1と同様にして作製

することができる。

【0036】（実施例4）図12は本発明の第4の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。本実施例では、図11に示した第3の実施例において、1.3 μ mの波長の出射光導波路IIIとしてMMI分波器IIによる3dBカブラを用いている。本実施例の光導波回路は実施例1と同様にして作製することができる。ただし、

1.3 μ m用出射光導波路IIIの層構成はMMI分波器IIと同じである。1.3 μ m用出射光導波路IIIの長さ L_2 は3dBカブラ状態が実現できるように $d/2$ の奇数倍となるように設定すればよい。

【0037】（実施例5）図13は本発明の第5の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。本実施例では、図11に示した第3の実施例とは逆に、1.3 μ mの波長の光に対してクロス状態に、また、1.55 μ mの波長の光に対してはバー状態としている。本実施例の光導波回路は実施例1と同様にして作製することができる。

【0038】（実施例6）図14は本発明の第6の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。本実施例では、図13に示した第3の実施例において、1.3 μ mの波長の出射光導波路IIIとしてMMI分波器IIによる3dBカブラを用いている。本実施例の光導波回路は実施例1と同様にして作製することができる。ただし、

1.3 μ m用出射光導波路IIIの層構成はMMI分波器IIと同じである。1.3 μ m用出射光導波路IIIの長さ L_2 は3dBカブラ状態が実現できるように $d/2$ の奇数倍となるように設定すればよい。

【0039】（実施例7）図1に示す実施例1の光導波回路のY分岐した1.3 μ m用出射光導波路IIIと1.3 μ m用受光器IVおよび半導体レーザVの結合部において出射光導波路IIIの代わりに図12に示す実施例4の光導波回路で用いたMMI分波器IIによる3dBを用いた構成の光導波回路を実施例1と同様にして作製した。本実施例では1.3 μ mの波長の光のパワーはMMI分波器IIによる3dBカブラで2分割される。

【0040】

【発明の効果】上述したように、本発明によれば、MMI形光カブラを波長分岐回路に使用するとともに、2つの波長に対して各々3dBカブラ状態あるいはセルフイメージング状態になるように設計する、あるいは2つの波長に対して各々クロス状態もしくはバー状態になるように設計することにより、2つの波長を空間的に異なった位置に効率よく出射することができる。そのため、波長分波器、受光器、半導体レーザなどの部品を個別に軸合わせする必要がなく、かつサブミクロン以下の精度でパターンニング可能な半導体モノリシック製造技術を用いることができ、その結果、製作性、歩留まり、信頼性、ひいては経済性の点で優れた双方向伝送用光導波回路を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。

【図2】光入射部を含む光導波回路の部分の上から見た透視図である。

【図3】スポットサイズ変換を説明するための断面図である。

【図4】スポットサイズ変換を説明するための断面図である。

【図5】図1のC-C'線に沿う断面図である。

【図6】図1のD-D'線に沿う断面図である。

【図7】図1のE-E'線に沿う断面図である。

【図8】図1のF-F'線に沿う断面図である。

【図9】図1のG-G'線に沿う断面図である。

【図10】本発明の第2の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。

【図11】本発明の第3の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。

【図12】本発明の第4の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。

【図13】本発明の第5の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。

【図14】本発明の第6の実施例に従う光導波回路の模式的斜視図である。

【図15】従来の光導波回路の模式的斜視図である。

【符号の説明】

I 光入射部（スポットサイズ変換部）

II 多モード干渉形（MMI）分波器

III 1.3 μ m用出射光導波路

IV 1.3 μ m用受光器

V 半導体レーザ

VI 1.55 μ m用出射光導波路

VII 1.55 μ m用受光器

1 n-InP基板

2 n-InGaAsP薄膜コア

3 n-InGaAsP共通コア

4 p-InPクラッド

5 n側電極

6 i-InGaAsP層

7 p側電極

8 多重量子井戸（MQW）活性層

9 i-InPサイドクラッド

10 InGaAsP吸収層

11 InGaAs吸収層

12 分離溝

101 単一モード光ファイバ（SMF）

102 ファイバカブラ部

103 3dBカブラ

104 1.3 μ m用受光器

105 半導体レーザ

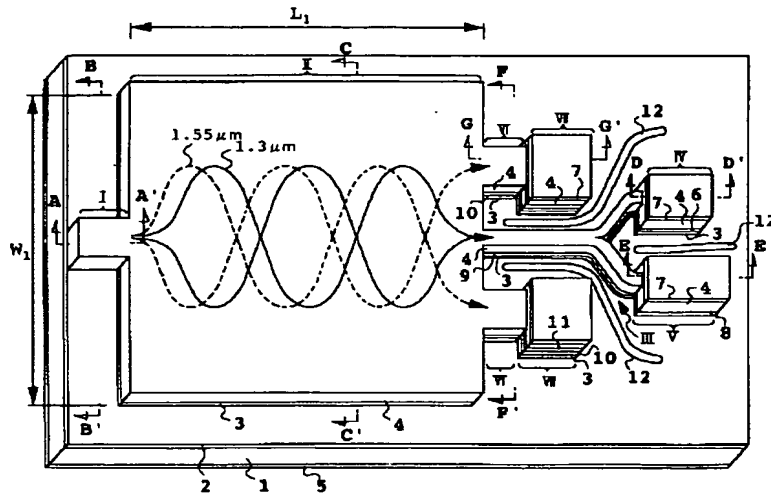
106 単一モード光ファイバ (SMF)

107 1.55 μm 用受光器 L_1 多モード干渉形 (MMI) 分波器の長さ L_2 1.3 μm 用出射光導波路としての多モード干渉*

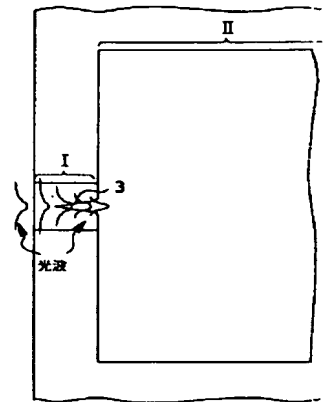
* 形 (MMI) 分波器の長さ

 W_1 多モード干渉形 (MMI) 分波器の幅 X 多モード干渉形 (MMI) 分波器の側端から光入射部の側端までの距離

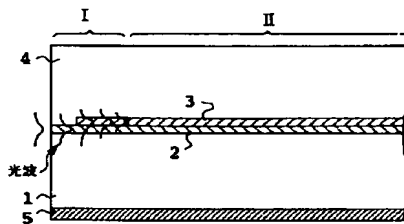
【図1】



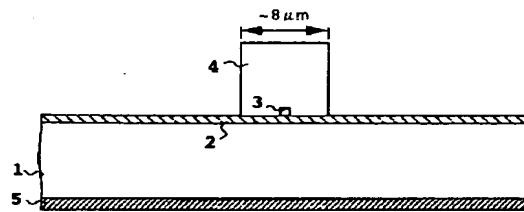
【図2】



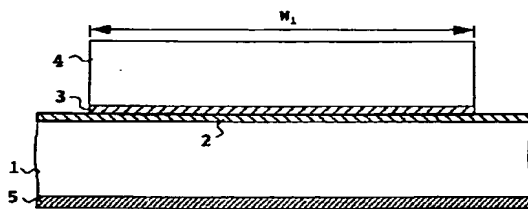
【図3】



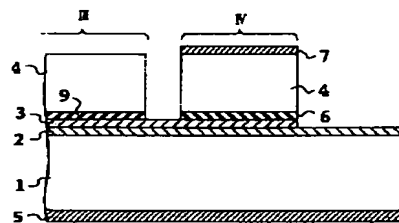
【図4】



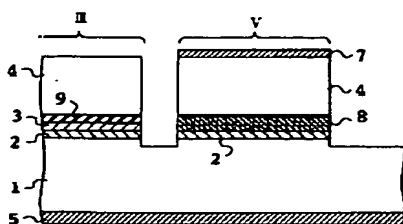
【図5】



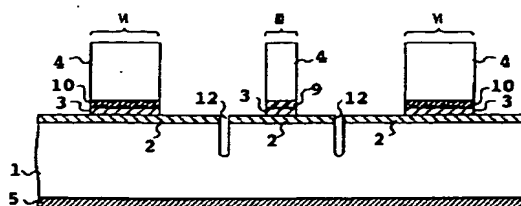
【図6】



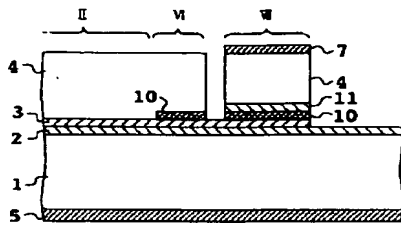
【図7】



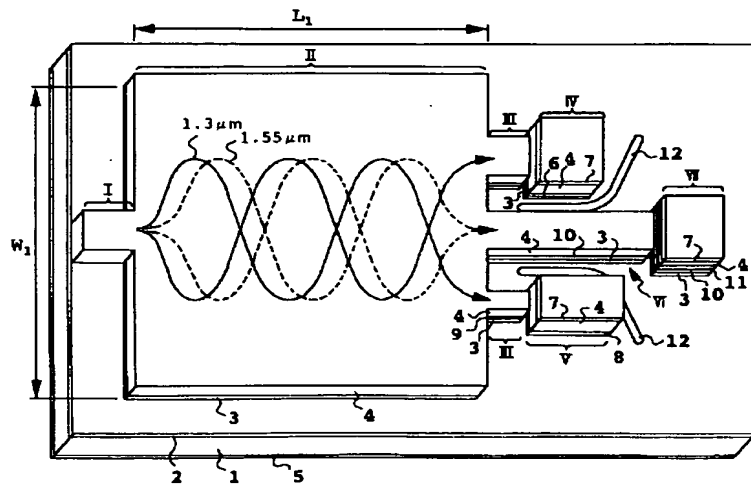
【図8】



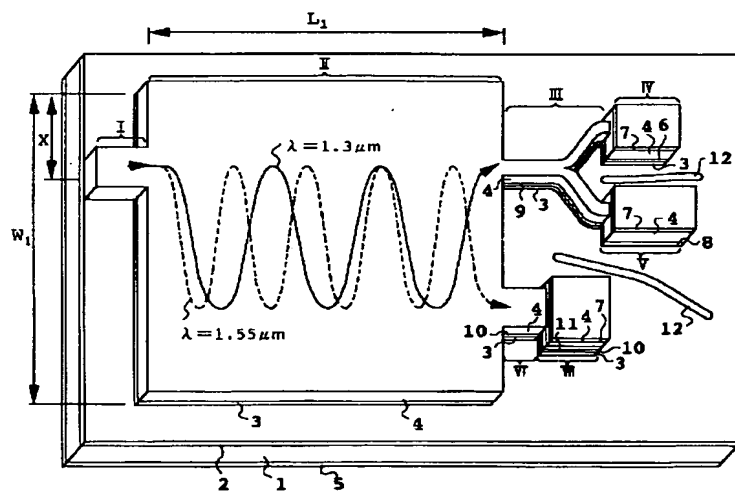
【図9】



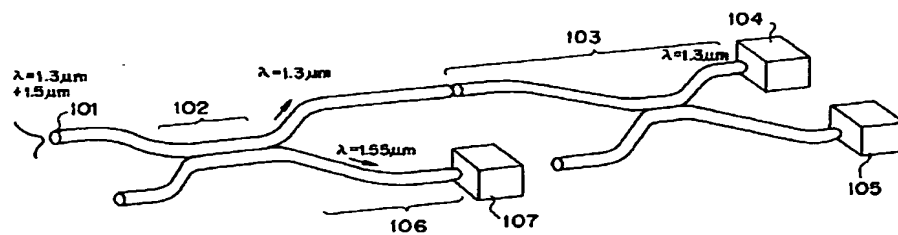
【図10】



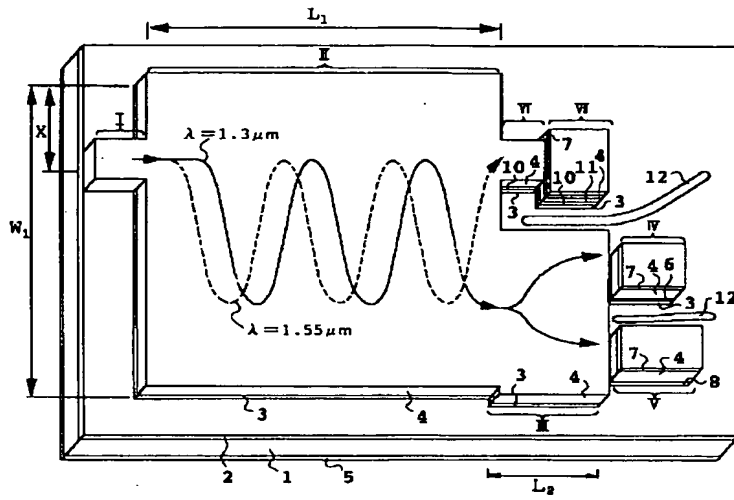
【図11】



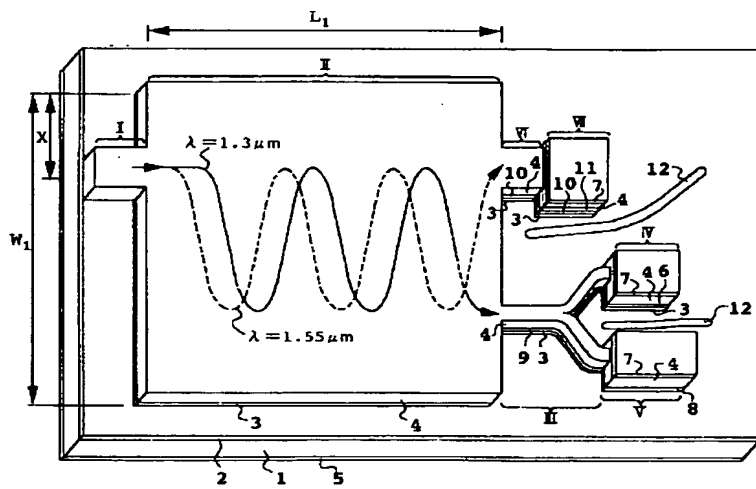
【図15】



【図 12】



【図 13】



【図14】

